

# 近 39 年海南岛极端天气事件频率变化

杨馥祯 吴胜安

(海南省气象科学研究所,海口 570203)

**提 要:** 利用 1966—2004 年海南岛大风、暴雨、雷暴、冰雹、高温、低温、霜冻、雾等极端天气事件的年发生日数资料,采用最小二乘法、Mann-Kendall 法及 Morlet 小波等方法诊断分析其变化特征。结果指出:大风、雷暴和雾日呈显著减少趋势,并分别于 1992 年、1984/1985 年、1983/1984 年之交发生突变;高温、暴雨趋频及低温、冰雹、霜冻频数总体趋少变化不显著,其中,冰雹、霜冻基本处于少变的稳定态势。高温、雷暴存在阶段性中高频周期,其他极端天气则存在长期和阶段性中低频周期;冰雹日数的变化周期趋于变短,其余极端天气则有周期变长趋势。初步说明海南岛极端天气事件频率变化与气候变暖有一定的内在关系。

**关键词:** 极端天气 趋势 气候变化

## Change of Extreme Weather Events in Hainan Island for Last 39 Years

Yang Fuzhen Wu Sheng'an

(Institute of Meteorological Sciences, Hainan Meteorological Bureau, Haikou 570203)

**Abstract:** Based on the data of annual gale days, rainstorm, thunderstorm, hail, high/low temperature, fog, and frost in the Hainan Island from 1966 to 2004, the variation characters are diagnosed using the least squares method, Mann-Kendall method and Morlet Wavelet method. The results show that annual gale days, and days for fog and thunderstorm weather decreased notably, especially in 1992, 1984—1985 and 1983—1984. Annual high temperature day, and days of rainstorm weather increased, while days of low temperature, hail, frost decreased slightly. Annual hail and frost days are stable. High temperature and thunderstorm weather days are in the high and middle frequency stage, while the other extreme weather appears in low, middle and long-range frequency period besides stage periods. The variational period of annual hail days turns to short. And the periods of annual days of the other extreme events prolonged. It indicates that the extreme weather events in the Hainan Island have relationship with the global warming.

**Key Words:** extreme weather trend climate change

## 引 言

气候变暖<sup>[1]</sup>导致极端天气气候事件对社会环境产生的负面影响越来越受到关注,过去我国有关极端事件的研究主要集中在北方<sup>[2-6]</sup>,海南岛地处南方热带地区,四面环海,气候独特,极端天气事件发生了怎样的变化?本文分析近 39 年海南岛大风、暴雨、雷暴、冰雹、高温、低温、霜冻、雾等极端天气的年频率变化特征,初步探讨变化机制。

## 1 资料与分析方法

IPCC 第三次评估报告指出,极端事件是指某一地区从统计分布观点看极少发生的天气事件,若用累积分布函数表示,其发生概率是相当于或小于第 10(或大于第 90)百分位数<sup>[6]</sup>,但气象上也把对人类或生物的影响界限作为气候极端值或阈值。考虑到海南岛长暖无冬以及植物的抗冻、抗风能力等特点,结合海南省灾害天气标准<sup>[7]</sup>,把某测站出现日最高温度 $\geq 37^{\circ}\text{C}$ 、日最低温度 $\leq 6^{\circ}\text{C}$ 、瞬时风速 $\geq 17\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 、日降雨量 $\geq 50\text{mm}$ 、水平能见度 $\leq 1000\text{m}$ 作为本文筛选高低温、大风、暴雨和雾的标准。根据海南岛所有市县气象站建

站、迁站时间等因素,选取 1966—2004 年全岛 18 个观测站发生大风、暴雨、雷暴、冰雹、高温、低温、霜冻、雾等极端天气的日数资料,并以 18 个测站极端天气的年平均日数,代表海南岛极端天气日数。

根据现代气候统计诊断方法<sup>[8-9]</sup>,采用最小二乘法对各极端天气年均日数的趋势变化做线性估计,并用相关系数进行显著性检验。再用 5 年滑动平均、Mann-Kendall 法(简称 M-K 法)及滑动  $t$  检验综合判断变化的阶段性、突变时间和上升或下降趋势显著时间。最后用 Morlet 小波<sup>[9]</sup>分析不同时段变化周期。

## 2 极端天气事件频率的年变化特征

### 2.1 线性趋势估计

从 1966—2004 年海南岛 8 种主要极端天气事件年频率的线性趋势(表 1)可知:

大风:近 39 年海南岛大风日数明显减少,平均 10 年约减少 1.4 天,趋势变化显著性水平 $\alpha=0.001$ 。大风显著减少原因最大可能是近年影响海南的冷空气强度减弱、频次减少,特别是热带气旋频数减少<sup>[10]</sup>引起,此外城市建设发展也存在影响可能。

表 1 极端天气日数线性趋势(单位:天/10 年)

	大风	暴雨	雷暴	冰雹	高温	低温	霜冻	雾
线性趋势	-1.413*	0.266	-7.899*	-0.023	0.166	-0.274	-0.041	-3.691*

注:\*表示 $\alpha=0.001$

暴雨、雷暴和冰雹:跟北方暴雨频数趋势<sup>[5]</sup>相反,海南暴雨与长江流域暴雨趋频<sup>[4]</sup>一致,但增幅很小,39 年增加 1 天,变化不显著。在所选 8 种极端天气中,雷暴日数减少幅度最大,平均 10 年减少 7.9 天,39 年累计减少 31 天, $\alpha=0.001$ 。冰雹日数的减少趋势不显著,减少幅度最小,39 年累积变化不足 0.1 天。从这一点来看,冰雹日数基本处于

少变的稳定态势。由于冰雹等强对流天气发生的局地性太强,现有的观测资料很难全面反映出它们的真实情况,只有一些试探性研究表明,冰雹与平均最低温度、湿球温度之间存在显著相关<sup>[1,11]</sup>。

高、低温和霜冻:海南岛高温频数呈现略增趋势,与我国大陆平均的炎热日减少趋势<sup>[5-6]</sup>刚好相反,但与本区暴雨频数略增趋势

一致,近 39 年全岛高温日数增加 0.6 天,增幅小于暴雨。海南岛低温、霜冻频数的总体趋势与全国平均的低温和寒潮事件明显趋少<sup>[5]</sup>的变化一致。近 39 年,低温约减少 1.1 天,霜冻减少 0.2 天,趋势变化都不显著,与冬季北方增温比南方更明显<sup>[5]</sup>的结论相符。

雾:雾日的变化幅度仅次于雷暴,平均 10 年减少 3.7 天,39 年减少 14 天,趋势变化显著性水平  $\alpha=0.001$ 。刘小宁<sup>[12]</sup>等指出我国大部分地区大雾日数呈减少趋势,但浓雾出现的年日数变化不明显。雾是空气中的水汽达到或接近饱和,在凝结核上凝结而成,因

此,形成雾有两种途径:即降低空气中温度,使低层大气冷却到露点,或增加空气中的水汽,造成空气中水汽饱和以产生水汽凝结。雾主要出现在冬春季,其出现与夜间的最低气温有关。因此冬春明显增暖<sup>[13-15]</sup>是雾减少的主要原因之一。

### 2.2 阶段变化和突变性

从各极端天气年日数的滑动曲线走势(图 1)可以看出,海南岛高温、暴雨频数总体趋势增多,大风、雷暴、雾、低温、霜冻、冰雹总体趋势减少,基本证实前面线性趋势估计结

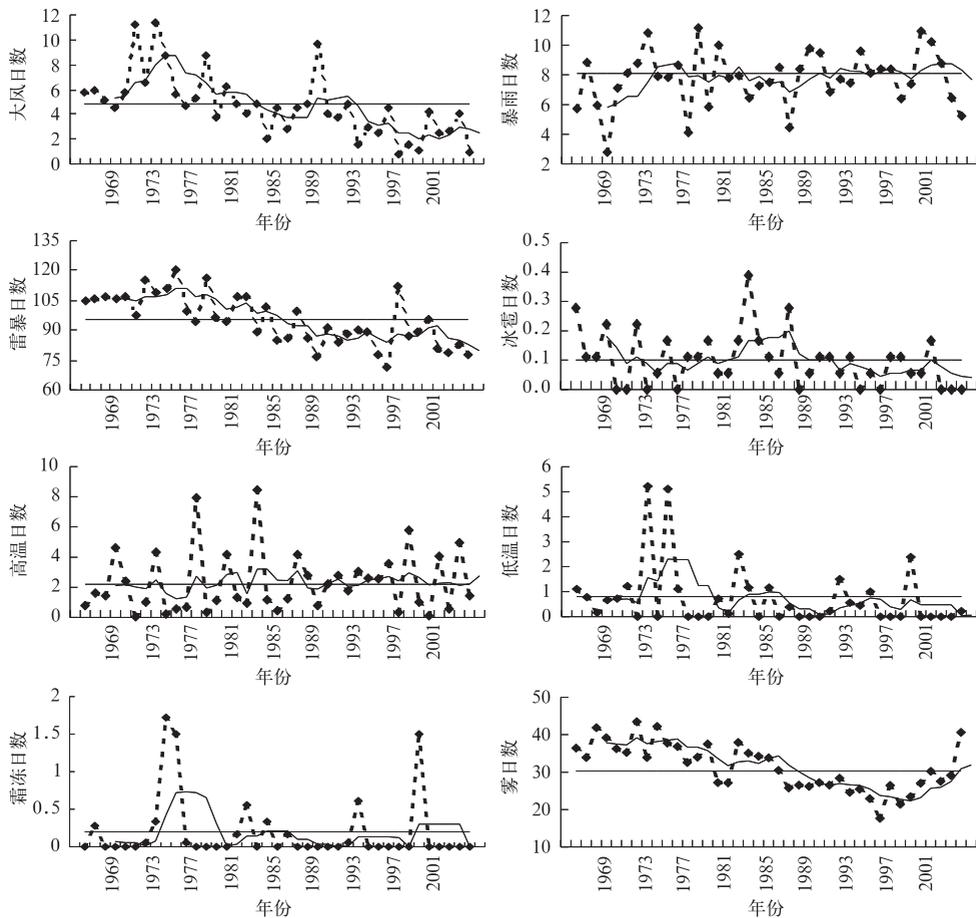


图 1 极端天气日数年际变化

纵坐标:年平均日数/d,横坐标:时间/a,直线:1971—2000 年平均,虚线:年际变化,粗线:5 年滑动平均

果的正确性。结合 M-K 法及滑动  $t$  检验 (图 2, 其他图略) 综合分析可知:

大风: 1980 年代是海南岛大风多寡的过渡期, 1970 年代大风最多, 1990 年代开始偏少。变化趋势于 1973 年由增转减, 1992 年发生突变, 1996 年减少趋势,  $\alpha=0.05$ , 之后  $\alpha=0.001 (U_a = \pm 2.56)$ 。大风趋少的突变时间与影响海南热带气旋在 1990 年代明显减少<sup>[10]</sup> 时间基本相符。

暴雨、雷暴和冰雹: 海南暴雨在 1960 年代出现频次最少, 微弱的频数变化大致表现为先增后减再增, 即 1966—1973 年增多, 1973—1987 年波动略减, 1987 年后波动略增, 未发生突变。雷暴日数在 1960—1970 年代偏多, 1980 年代多寡相当, 1980 年代末开始进入偏少期。雷暴总变化趋势与大风相似, 也是先增后减, 具体转折时间为 1975 年、1984/1985 年之交发生突变, 1987 年后显著减少, 减少趋势显著性水平  $\alpha=0.001$ 。冰雹的变化曲线以 1980 年代中期为中轴近似对称, 1960 年代后期雹日偏多, 1970 年代偏少, 1980 年代偏多, 1990 年代至新世纪初长期偏少。总趋势变化可分 3 个主要阶段, 即 1966—1976 年减少, 1976—1983 年增多, 1983—2004 年再次波动减少。进一步分析可知, 近 39 年海南岛有 11 个无雹年 (1969、1970、1971、1973、1976、1988、1994、1996、2002—2004 年), 在海南岛平均气温显著增暖的 1987 年前后<sup>[13]</sup>, 无雹年频数略增, 连续无雹年略延长, 这种变化与气候变暖大背景下气象观测站属地城镇增温、冰雹落地前融化成雨水的可能性增大有一定关系。

高、低温和霜冻: 高温的变化趋势表现为先减后增: 1966—1976 年波动略减、1976 年后波动增多。虽然高温日数的极多年 (1983 年) 和次多年 (1977 年) 都出现在海南显著增暖<sup>[13]</sup> 之前, 但 1987 年显著增暖之后, 高温偏多年份增多、偏少年份减少了。低温

和霜冻的阶段变化趋势基本一致: 1975 年之前为增多期, 1975 年开始进入波动减少期, 减少趋势不显著, 也无突变。再分析年变化曲线发现, 1986 年后连续无低温年、连续无霜年延长, 无霜年的间隔时间缩短。这显然是冬春显著增温形成暖冬气候造成的结果。

雾: 雾日的变化趋势于 1985 年由增转减, 1983/1984 年之交发生突变, 1987 年进入显著减少期, 减少趋势显著水平  $\alpha=0.001$ 。1986 年之前雾日偏多, 之后雾日偏少。近 10 年雾呈现波动增多态势, 但只有 2004 年超过平均值。总的来说气候变暖不利于雾的形成, 但总体变暖期间也有阶段性偏冷期, 此外, 对流层水汽趋于增多<sup>[16]</sup>, 都可能是雾害抬头原因之一。

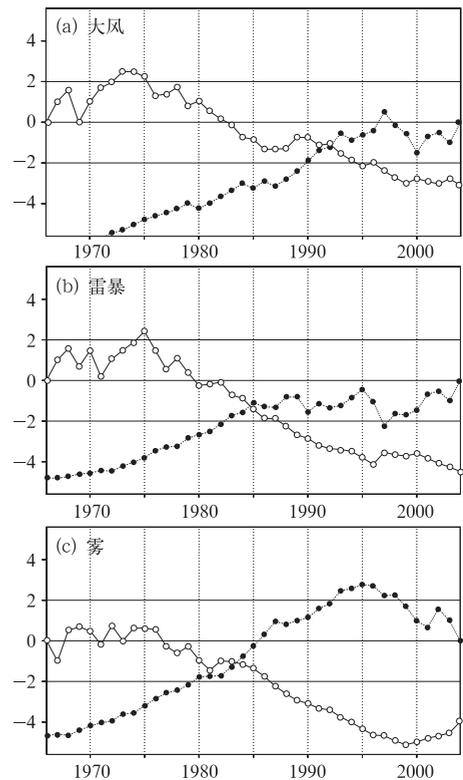


图 2 M-K 法检验

直线: 0.05 显著水平临界值,

实线: UF, 虚线: UB

### 2.3 周期分析

各类天气日数存在周期性变化,分析 Morlet 小波(图3)可以看出:

大风:大风日数变化周期主要出现在中低频区。主周期18年,次周期随年份从8年逐渐延长为9年,但在1990年代后期减弱消失,此外1977年后出现6年弱周期。

暴雨、雷暴和冰雹:暴雨日数的变化周期集中在中高频区。8.5年左右的主周期信号

在1990年代趋于减弱,1980年代开始的5~6年周期信号则出现增强趋势;高频区有2年周期存在于1970年代后期到1990年代初期。雷暴日数只在中高频区有弱的阶段周期存在:1960年代后期无周期信号,3年、6~7年周期信号在1970年代初才开始出现。冰雹日数周期在低中高频区皆有表现:主周期从17年逐渐缩短为16年,且有继续缩短的可能,次周期8.5年左右,高频区在1977年之前存在3年周期,1977年后周期缩短为2年。

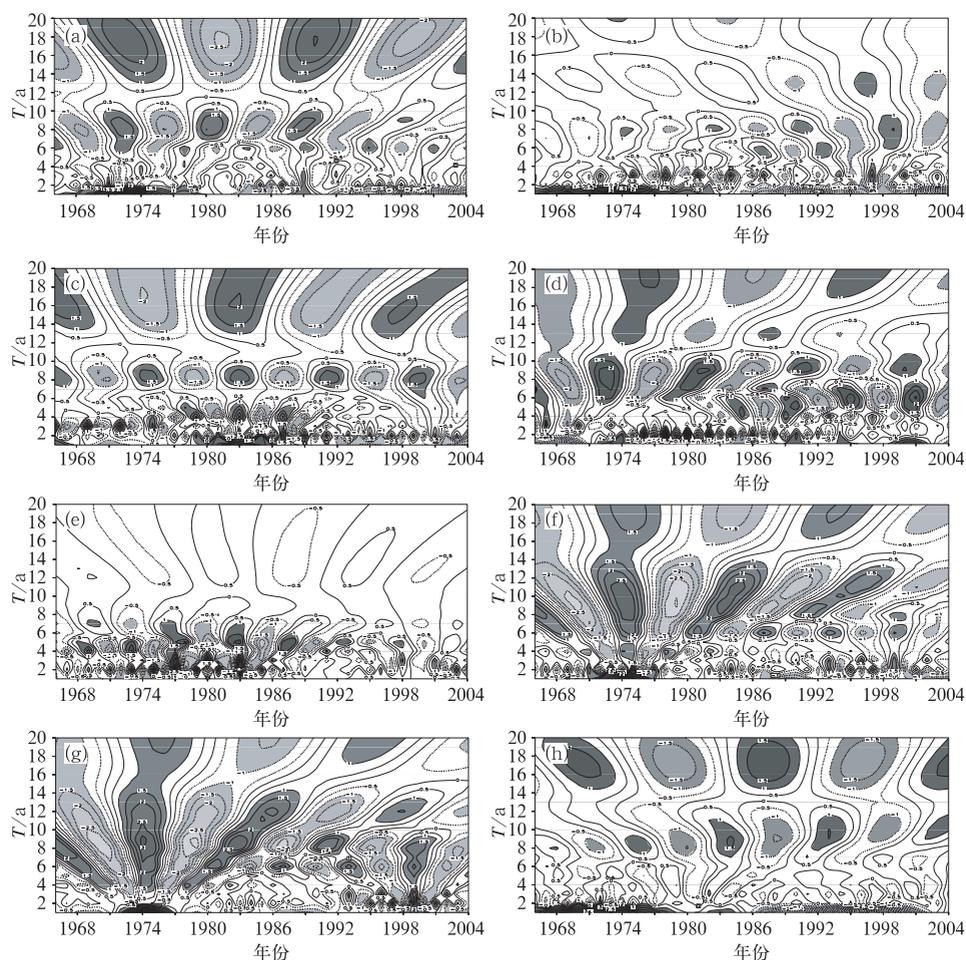


图3 极端天气日数 Morlet 小波图

a. 大风; b. 雷暴; c. 冰雹; d. 暴雨; e. 高温; f. 低温; g. 霜冻; h. 雾

高、低温和霜冻:高温日数与雷暴日数一样也没有长期性变化周期,只在高频区有阶段性短周期:2年周期集中在1986年之前,5年周期出现于1977—2000年期间且信号趋弱,近几年无明显周期信号。低温日数的变化周期表现为中高频阶段性。在中频区为1986年以前的10年,1986年以后的8年、11年以及1980年后的6年等周期;在高频区有2年周期分布于1966—1978年、1982—1986年、1992—2001年期间。霜冻日数的周期与低温的周期分布较相似,表现为1980年以前的9年、1980年后的8年、6年以及1993—2004年间的2—3年弱周期。

雾:雾日只有长期变化周期,在中低频区表现明显,主周期18年,次周期从8年逐渐延长为9年。

### 3 总结与讨论

综合分析1966—2004年海南岛极端天气年日数的变化情况,得到几点结论:

(1) 大风、雷暴和雾的减少趋势显著, $\alpha=0.001$ ,减少幅度依次为1.4天/10年、7.9天/10年、3.7天/10年,分别于1992年、1984/1985年、1983/1984年之交发生趋势突变。高温、暴雨呈现的弱增及低温、冰雹、霜冻呈现的弱减势都不显著、无突变。其中,高温、暴雨的增加幅度和低温减少幅度都很小,平均10年增减不足0.3天;冰雹、霜冻减少幅度更小,近39年分别减少0.1天、0.2天,可以说基本处于稳定态势。

(2) 1980年代为海南大风、雷暴和雾日由多趋寡的转折期,海南岛连续无低温年和连续无霜年延长,无霜年的间隔时间缩短,与1987年海南显著增暖<sup>[13]</sup>有一定关系。

(3) 极端天气存在一定的振荡周期。主次周期分别为:大风18年;雾18年、8~9年;暴雨8.5年;冰雹17~16年、8.5年左

右;低温10~11年;霜冻9~8年。高温、雷暴没有长期变化周期,只有时段性的中短周期,分别出现在2000年之前和1970年代之后。此外,冰雹存在周期趋短、其他极端天气则存在长期或阶段性周期变长的现象。

由于极端天气的变化比较复杂,不同的极端天气也有不同的影响机制,但总的来说可能与全球变暖有关。从统计学角度讲,气候平均值的变化可能会直接影响到极端值的变化,例如温度平均值的变化会直接影响到极端高温、低温事件。从物理机制讲,温室气体的大量排放,致使大气温度升高,与温度有关的极端事件就会增多或减少。气温的升高会使地表增暖,加剧地表水分蒸发,大气中水分含量也会增加,为了与蒸发过程相平衡,降水将增长,暴雨几率增大。降水率的加强,又会引起大气潜热的释放增加,影响风暴强度,可能还会影响到雷暴、冰雹等许多中小尺度极端天气<sup>[17]</sup>。另一方面,大气变暖和水分增多后,大气循环加剧,导致大气环流发生调整,影响风暴以及冷空气的活动,从而影响大风频数。此外,极端天气的变化可能还与自然变化具有十分紧密的关系,更具体的原因尚有待进一步探讨。

**致谢:**邢旭煌为本文资料提供方便,翟盘茂研究员两次审改全文,一并深表谢意。

### 参考文献

- [1] IPCC, 2001: Climate change 2001: The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change[Houghton, J. T., Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden, X. D. K. Maskell, and C. A. Johnson(eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA., 2001, 156-159.
- [2] 唐国利, 巢清尘. 中国近49年沙尘暴变化趋势的分析[J]. 气象, 2006, 31(5): 8-11.
- [3] 周秀杰, 张桂华, 郑红, 等. 黑龙江气候变暖对极端天气气候事件的影响[J]. 气象, 2004, 30(11): 47-50.

- [4] 杨宏青,陈正洪,石燕,等.长江流域近40年强降水的变化趋势[J].气象,2005,31(3):66-68.
- [5] 翟盘茂,潘晓华.中国北方近50年温度和降水极端事件变化[J].地理学报,2003,58(增刊):1-10.
- [6] 潘晓华,翟盘茂.气温极端值的选取与分析[J].气象,2002,28(10):28-31.
- [7] 海南省气象局.灾害性天气及其次生灾害落区预报业务规定.内部资料,2004.
- [8] 魏凤英.现代气候统计诊断与预测技术[M].北京:气象出版社,1997:43-72.
- [9] 林振山,邓自旺.子波气候诊断技术的研究[M].北京:气象出版社,1999:22-25.
- [10] 陈小丽.海南热带气旋年际变化与趋势预测[J].热带气象学报,2000,16(4):360-365.
- [11] Dessens, J., Severe convective weather in the context of a nighttime global warming[J]. Geophys. Res. Lett., 1995,22, 1241-1244.
- [12] 刘小宁,张洪政,李庆祥.我国大雾的气候特征及变化初步解释[J].应用气象学报,2005,16(2):220-230.
- [13] 陈小丽,吴慧.海南岛近42年气候变化特征[J].气象,2004,30(8):27-30.
- [14] 翟盘茂,任福民.中国近四十年最高最低温度变化[J].气象学报,1997,55(4):418-429.
- [15] 任福民,翟盘茂.1951~1990年中国极端气温变化分析[J].大气科学,1998,22(2):217-227.
- [16] 翟盘茂,周琴芳.中国大气水分气候变化研究[J].应用气象学报,1997,8(3):342-351.
- [17] Trenberth, K. E. Atmospheric moisture residence times and cycling: Implication for rainfall rates with climate change[J]. Clim. Change,1998,39:667-694.